

А. П. Минина, Е. С. Ладейщикова, В. И. Велькин

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[mminina@gmail.com](mailto:mminina@gmail.com), [v.i.velkin@urfu.ru](mailto:v.i.velkin@urfu.ru)

## АКТУАЛЬНОСТЬ СТЕНДОВОЙ И ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ДЛЯ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ВУЗЕ

*В статье представлен перечень учебно-тренировочных центров при атомных станциях России, показана актуальность их развития и важность совершенствования подготовки персонала. Описана стендовая база в Учебно-тренировочном центре по подготовке персонала для технического обслуживания и ремонта атомных станций, обоснована необходимость внедрения новой дисциплины «Стендовая и тренажерная подготовка» в рамках дисциплин и рабочих программ по изучению ядерных энергетических реакторов. Представлены тренажерные комплексы «Томас-1», «Томас-2», «Joker», «Корсар», аналитический тренажер блочного щита управления «БН-800». Разработаны технологические карты выполнения заданий по стендовой и тренажерной подготовке студентов.*

*Ключевые слова: модели ядерных энергетических реакторов (ЯЭР), учебно-тренажерный центр (УТЦ ЯЭР), тренажерные комплексы «Томас-1», «Томас-2», «Joker», «Корсар», «БН-800».*

A. P. Minina, E. S. Ladeyshchikova, V. I. Velkin

Ural Federal University, Ekaterinburg

## RELEVANCE OF BENCH AND SIMULATOR TRAINING OF STUDENTS FOR NUCLEAR POWER PLANTS AT THE UNIVERSITY

*The article presents a list of training centers at nuclear power plants of Russia, shows the relevance of their development and the importance of improving the training of personnel. The bench base in the Training center for personnel training for maintenance and repair of nuclear power plants is described, the need for the introduction of a new discipline "Bench and simulator training" within the disciplines and work programs for the study of nuclear power reactors is justified. The training*

complexes "Thomas-1", "Thomas-2", "Joker", "Corsar", analytical simulator of block control Board "BN-800" are presented. Technological maps of performance of tasks on bench and simulator preparation of students are developed.

Keywords: models of nuclear power reactors (NPS), training center (UTC NPS), training complexes "Thomas-1", "Thomas-2", "Joker", "Corsar", "BN-800".

В настоящее время в России действуют 10 атомных энергетических станций: Белоярская (Заречный), Балаковская (Балаково), Ново-Воронежская, Курская, Калининская (Удомля), Кольская, Билибинская, Ленинградская (Сосновый Бор), Смоленская, Ростовская (Волгодонск). На каждой АЭС создана система поддержания квалификации персонала, реализуемая через учебно-тренировочные пункты с соответствующими названиями и задачами.

В УрФУ ещё в 1992 г. был создан Учебно-тренировочный центр (УТЦ) по подготовке персонала для технического обслуживания и ремонта АЭС. УТЦ АЭС УрФУ располагает моделями и макетами всех основных ядерных энергетических реакторов, эксплуатируемых в РФ: ВВЭР-1000, РБМК, БН-600 и БН-800, поляроидными схемами, масштабными и полномасштабными образцами оборудования (например, ТВС ВВЭР-1000). Однако, до недавнего времени УТЦ АЭС УрФУ не был встроен в рабочие программы дисциплин и использовался как демонстрационный зал.

С 2018 г. этот недостаток был устранен. В рамках курсов подготовки студентов разработаны технологические карты по дисциплине «Стендовая и тренажерная подготовка» (рис. 1).

СТЕНДОВАЯ ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОМ КОМПЛЕКСЕ ТО И Р АЭС						
Дорожная карта 1						
Алгоритм изучения оборудования, конструкций и технических характеристик реактора						
Учебное место	Наименование	Что изучить	Найти элементы	Задание для самоподготовки	Сформулировать 2 вопроса	Оценка преподавателя
Учебное место 1	Масштабная сборно-разборная модель ВВЭР-1000	Конструкцию верх. блока, БЗТ, шахты, выгородки	Выгородка, фланец, шпильки, опорный борт, все патрубки (13шт)	Указать 10 отличий, характерных для PWR и BWR		
Учебное место 2	Масштабный макет ВВЭР-1000	Взаимное расположение РУ, ПГ, ГЦН	Ёмкости САОЗ, трубопроводы 1 к-ра	Указать 10 отличий в конструкциях РУ ВВЭР и РБМК		
Учебное место 3	Поляроидная схема ВВЭР-1000	Работу тепловой схемы	Элементы схемы	Указать 10 отличий тепловых схем ВВЭР и АСТ-500		
Учебное место 4	Технологический канал реактора РБМК-1000	Конструкцию графитового блока, Графитовых колец	Стальную опорную плиту, стакан	Изучить конструкцию графитовой кладки		
Учебное место 5	Тракт технологического канала РБМК-1000	Верхней части ТК Нижней части ТК	Выход пароводяной смеси из тракта; компенсатор темп. расширений - сильфон	Указать расположение и назначение различных трактов РБМК (не менее 7) (по картограмме)		

Рис. 1. Дорожная карта алгоритма изучения оборудования, конструкций и технических характеристик реакторов АЭС

Кроме того, на кафедре атомных станций и возобновляемых источников энергии (АСиВИЭ) УрФУ много лет накапливался банк лучших образцов профессиональных программных кодов и программно-тренажерных комплексов для управления ядерными энергетическими реакторами [1, 2].

В осеннем семестре 2019 г. в УрФУ стартовала тренажерная подготовка, задачей которой на первом этапе являлось знакомство с архитектурой и функционалом тренажерных комплексов «Томас-1», «Томас-2», «Joker», «Корсар», аналитический тренажер блочного щита управления «БН-800». На рис. 2 представлена дорожная карта алгоритмов изучения указанных программ-тренажеров.

СТЕНДОВАЯ И ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В АУДИТОРИЯХ ТРЕНАЖЕРОВ-СИМУЛЯТОРОВ Т-214(б,г)												
Дорожная карта 4												
АЛГОРИТМ												
оформление отчета по разделу «Тренажерная подготовка»												
№	Раздел отчета	Кол-во страниц	Подгруппа									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Титул, Содержание	2										
2	Краткий анализ использования тренажеров для АЭС в России и за рубежом.	До 10	Ба-лак	Бе-лояр.	Би-либ.	Вол-годон.	Кали-нинская	Коль-ская	Ле-нинг.	Нов-Воро	Кур-ская	Смо-ленс
3	Перечень тренажеров по АЭС в УрФУ (зал аналитических тренажеров-симуляторов и расчетных кодов)	1-2	Разработка и издание учебно-методического пособия									
4	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Выполнение практического задания на тренажере «ТОМАС-1»	6-8	+					+				
6	Выполнение практического задания на тренажере «ТОМАС-2»	6-8		+					+			
7	Выполнение практического задания на тренажере «КОРСАР»	3-4			+					+		
8	Выполнение практического задания на тренажере «JOKER»	3-4				+					+	
9	Выполнение практического задания на тренажере «БН-800»	До 10					+					+
10	Выводы, Заключение	1-2										
11	Библиография	2-3										
	ИТОГО	35-50										

Рис. 2. Дорожная карта алгоритма оформления отчета по дисциплине «Тренажерная подготовка»

Для выполнения дорожной карты академическая группа разбивалась по стендовой подготовке на 7 бригад (по 4-5 студентов), а в случае с тренажерной подготовкой – на 10 бригад (по 3 чел.), у каждой из которых были свои задачи. В ходе выполнения заданий по дисциплине «Стендовая и тренажерная подготовка» студентами, обучающимися по специальности «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», оформлялись отчеты по соответствующему алгоритму. Лучший отчет от кафедры АСиВИЭ УрФУ был направлен на Международный конкурс «Лабораторных и практических работ», где занял 2-е место.

В составе отчетов фигурировали не только задания, ответы на поставленные вопросы, но и конкретное оборудование, изученное студентами во время практических занятий. (рис. 3, 4).



Рис. 3. Студенты изучают корпус и внутрикорпусные устройства (ВКУ) референтной ЯЭУ ВВЭР-1000



Рис. 4. Подгруппа студентов у поляроидной схемы реактора ВВЭР-1000

Наибольший интерес в рамках стендовой и тренажерной подготовки вызывал аналитический тренажер БН-800 (рис. 5). Его возможности позволяют моделировать различные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации реактора в реальном режиме времени.



Рис. 5. Занятия студентов на аналитическом тренажере БН-800

Кафедра АСиВИЭ (ранее – Атомной энергетики) была образована в 1961 году в связи с началом эры становления ядерной энергетики в Советском Союзе. С той поры на кафедре были подготовлены более 2,5 тыс. специалистов для АЭС, в том числе – 6 директоров атомных станций (всего в УрФУ – 10) [3].

В процессе подготовки кадров все большее значение имеет уровень материальной базы и компьютеризация [4]. Наиболее существенным фактором успешной подготовки специалистов явились опыт сотрудничества и прямые контакты с руководителями концерна «Росэнергоатом» и ГК «Росатом» [5], что позволило создать УТЦ по подготовке специалистов для технического обслуживания и ремонта оборудования АЭС в УрФУ.

#### Список использованных источников

1. Атомная энергетика и возобновляемые источники энергии – фундамент энергетической безопасности будущего / С. Е. Щеклеин, В. И. Велькин // Альтернативная энергетика и экология : международный научный журнал. 2012. № 3 (107). С. 119–121.
2. Использование программно-тренажерных средств при подготовке специалистов для атомной энергетики / О. Л. Ташлыков, С. Е. Щеклеин, А. М. Тучков, Г. П. Титов, Д. А. Носов // Перспективные энергетические технологии. Экология, экономика, безопасность и подготовка кадров – 2016 : Материалы научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Уральский энергетический институт. (Екатеринбург, 11 октября 2016 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 20–23.
3. Вехи и достижения кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ / С. Е. Щеклеин, В. И. Велькин // Альтернативная энергетика и экология : международный научный журнал. 2012. № 4 (108). С. 154–157.
4. О роли электронных образовательных ресурсов в реализации Федеральной целевой программы развития атомной энергетики России / О. Л. Ташлыков, С. Е. Щеклеин, В. И. Велькин // Новые образовательные технологии в вузе : сборник докладов Пятой Международной научно-методической конференции, в 2 ч. Екатеринбург : УрФУ, 2008. С. 360–365.
5. Опыт сотрудничества концерна «Росэнергоатом» и Уральского государственного технического университета в области подготовки специалистов для технического обслуживания и ремонта оборудования АЭС / С. Е. Щеклеин, О. Л. Ташлыков, В. И. Велькин, А. Г. Шастин, В. Н. Дементьев, Н. И. Маркелов, Ю. И. Сорокин // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2004. № 3. С. 121–129.